

Analisa Rancangan *Pipe Support* pada Sistem Perpipaan *High Pressure Vent* Berdasarkan *Stress Analysis* dengan Pendekatan Caesar II

Parada Anugerah Pridyatama dan Budi Agung Kurniawan

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Kampus ITS, Keputih, Surabaya 60111

e-mail: agung_bak@mat-eng.its.ac.id

Abstrak—Perancangan sistem perpipaan yang baik dan aman sangat dibutuhkan untuk menjamin kelangsungan dari proses serta menjamin keamanan. Untuk mengatasi besarnya tegangan yang terjadi akibat pembebanan maka diperlukan analisis. Pada tugas akhir ini akan analisis tegangan Pipipaan High Pressure Vent dengan pendekatan CAESAR II. Pada hasil Stress Hydrotest Load masing masing segmen node tidak ada yang melebihi batasan allowable stress yang diijinkan yaitu 35000 psi. stress yang terjadi pada Hydrotest Load, besar stress yang paling besar pada node 740 yaitu sebesar 13606.2 psi. Pada hasil Stress Sustained load masing masing segmen node tidak ada yang melebihi batasan allowable stress yang diijinkan yaitu 20000 psi, besar stress yang paling besar pada node 740 yaitu sebesar 8106.1 psi. Pada hasil Stress Thermal load masing masing segmen node menggunakan support Resting maupun Guide-Resting tidak ada yang melebihi batasan allowable stress yang diijinkan. Stres yang paling besar terjadi pada jenis support Guide-Resting terjadi pada node 775 yaitu sebesar 11590,8 psi. Untuk hasil nozzle check pada kondisi Thermal load besarnya moment arah longitudinal, moment hoop melebihi batasan allowable yang diijinkan untuk jenis support resting maupun jenis support guide, maka diberikan support untuk mengurangi besarnya moment ,yaitu ditambah support pada 4 support pada pipa yang mendekati nozzle vessel.

Kata Kunci—Tegangan, *hydrotest*, *sustained*, *thermal*, *nozzle*

I. PENDAHULUAN

TRIPATRA merupakan perusahaan yang bergerak dibidang EPC (*Engineering, Precurement, and Constructuion*) bertugas sebagai merancang desain proses hingga membuat desain plan, pengadaan material untuk pembangunan plan dan bertugas mekonstruksi plan sesuai dengan desain yang telah dibuat. Pada saat ini Tripatra sendiri mendapat Proyek Pembangunan Plan Produksi yang bernama Senoro Gas Development Project yaitu plan produksi Gas antara PT.

Pertamina dengan PT. Medco Energi yang bernama Joint Operating Body Pertamina-Medco E&P Tomoro Sulawesi.

Didalam sebuah Plant, baik itu LNG Plant, *Petrochemical Plant*, *Fertilizer Plant*, *Nuclear Plant*, *Geothermal Plant*, *Gas Plant*, baik di *On-Shore* maupun di *Offshore*, semuanya mempunyai dan membutuhkan Piping. Piping adalah jalur perpipaan yang menghubungkan antara line dalam satu plan produksi. Piping mempunyai fungsi untuk mengalirkan fluida dari satu tempat ke tempat lainnya. Fluida yg berada didalamnya bisa berupa gas, air, ataupun *Vapour* yang mempunyai temperature tertentu [1]. Karena umumnya material pipa terbuat dari metal, maka sesuai dengan karakteristiknya, pipa akan mengalami pemuaiian jika dipanaskan dan akan mengalami pengkerutan apabila didinginkan. Setiap kejadian pemuaiian ataupun pengkerutan dari pipa tadi, akan menimbulkan pertambahan ataupun pengurangan panjang pipa dari ukuran semula, dalam skala horizontal.

Perancangan sistem perpipaan yang baik dan aman sangat dibutuhkan untuk menjamin kelangsungan dari proses serta menjamin umur pemakaian dari sistem pemipaan sesuai dengan siklus rancangan. Parameter aman sendiri adalah ketika pipa mampu menahan beratnya sendiri pada kondisi pembebanan karena tekanan pipa internal dan berat yang terdapat pada pipa serta karena Pembebanan pengaruh Temperatur. Namun, pada kenyataannya dilapangan masih ditemukan kegagalan-kegagalan yang terjadi pada sistem pipa, baik pada saat instalasi maupun operasi. Hal tersebut bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor pembebanan yang terjadi selama pipa tersebut terpasang, bisa faktor pembebanan karena alam, pembenanan ketika pipa belum beroperasi maupun pembebanan ketika pipa telah beroperasi. Untuk itu perlu adanya perhitungan analisis stress untuk mengetahui seberapa besar tegangan yang mampu diterima oleh pipa maupun equipment pendukung agar tidak terjadi kegagalan [2].

Support adalah alat yang digunakan untuk menahan atau memegang sistem perpipaan. Support dirancang untuk dapat menahan berbagai macam bentuk pembebanan baik karena desain dan berat pipa (*Sustain Load*) serta karena Temperatur (*Thermal Load*). Akibat adanya pembebanan tersebut maka

akan menimbulkan tegangan yang akan ditahan oleh *Pipe Support* tersebut. Akibat adanya pembebanan *Thermal* maka akan timbul tegangan *Thermal*, begitu pula jika adanya pembebanan karena bobot mati pipa dan fluida maka akan timbul tegangan *Sustained* [3]. Penempatan *support* harus memperhatikan dari pergerakan sistem perpipaan terhadap profil pembebanan yang mungkin terjadi pada berbagai kondisi. Karena betapa pentingnya peran daripada *Support* ini, maka perlu adanya sebuah perencanaan yang baik untuk merancang desain *pipe support* agar mampu menahan tegangan dari berbagai macam pembebanan [4].

Pada tugas akhir ini akan dilakukan perancangan *Pipe Support* dan analisa tegangan yang mengacu pada code atau standard ANSI/ASME B31.3 pada *Line High Pressure Vent*. Dimana analisis tegangan dilakukan dengan menggunakan bantuan program CAESAR II.

II. METODOLOGI PENELITIAN

I. Pengumpulan Data Informasi

Pengumpulan data dan Informasi yang berkaitan dengan analisa sistem perpipaan JOB Pertamina – Medco Energi Senoro antara lain Gambar Isometric yang telah diuraikan dari gambar *Piping and Instrument Diagram* (P&ID), Data tentang Tegangan maksimum yang diijinkan pada *Piping* dan *Pipe support*, Gambar Isometri, yaitu melihat gambar isometri untuk mendapatkan data yang dibutuhkan dalam perhitungan CAESAR II seperti: Jenis Fluida, *Line number*, *Rating Class*, *pipe size*, *Operation Pressure*, *Operation Temperatur*, *Design Pressure*, *Design Temperatur*, *Density*, *SCH*, *Thickness*, *Pressure Test*, *Insulation Code*, *Insulation Thickness*, *PWHT*, *NDE (Non Destructive Examination/ Radiography Test)*. Mencocokkan *Pipe support* sebagai acuan awal dalam memasukkan *pipe span* (jarak antar support) dari situ kemudian diperoleh jarak *pipe support* yang digunakan pada *critical line*, namun dari perhitungan tersebut belum tentu dapat dikatakan aman sehingga perlu dilakukan beberapa percobaan untuk memperoleh jumlah support yang optimal (*Piping handbook*). Penentuan berdasarkan percobaan menggunakan CAESAR II

II. Permodelan pada CAESAR II

Memasukkan data mengenai sistem perpipaan pada line didalam CAESAR II. Tahap –tahap mendesain sebuah line pada CAESAR II desain line piping dengan memperhitungkan NPS pipa, tebal pipa, temperature ambient, *fluid density*, tebal insulasi, Material pipa, *rating class* pipa, Menggambar model sistem perpipaan yang menyambung dengan Komponen seperti *Vessel* dan Pompa. Data yang dibutuhkan pada tahap ini adalah *Vessel Outside diameter*, *vessel thickness*, letak *Nozzle* dan dimensinya, *rating class*, *corrosion allowance*, *Vessel Outlet Max operating temperature*, *Vessel outlet min Temperatur*, *Vessel design temperature*, *Vessel design Pressure*. Kemudian pada sistem perpipaan tersebut digambarkan komponen perpipaan yang terdapat pada line, seperti *valve*, *flange*, *elbow*, *reducer*, *tee*. Dalam memasukkan komponen perpipaan

tersebut juga, diperhitungkan berat komponen tersebut dan dimensinya juga. Memasukkan node pada sistem pipa. Memasukkan jenis pipe support yang akan digunakan dan pipe span (jarak support). Menganalisa tegangan, yang terjadi pada masing-masing pipe support dengan variasi pembebanan menggunakan perangkat lunak CAESAR II. Dalam operasinya piping terdapat berbagai macam jenis load yang terjadi pada sistem perpipaan

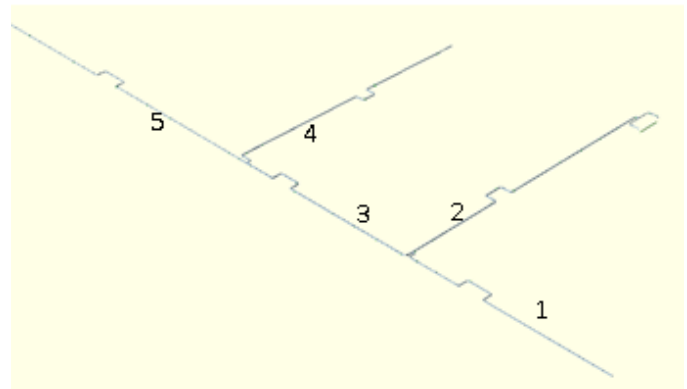
III. Analisa menggunakan CAESAR II

Setelah permodelan, kemudian mencocokkan data yang diperoleh dengan Allowable stress yaitu batasan tegangan yield pada ASME B31.3 [5], jika ada salah satu pipe support yang memiliki tegangan yang melebihi batas allowance maka akan dilakukan pemodelan ulang pipe support.

Analisa beban *Nozzle* berupa Gaya dan Moment pada equipment yaitu pada *Vessel* dan Pompa menggunakan CAESAR II. Kemudian mencocokkan data yang diperoleh dengan data allowable stress yang ada pada Code Vendor, jika ada salah satu nozzle yang memiliki tegangan yang melebihi batas allowance maka akan dilakukan pemodelan ulang pipe support.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Allowable Pipe Span



Gambar 1. Gambar Sistem Perpipaan High Pressure Vent

Pada sistem perpipaan *High Pressure Vent* memiliki dua ukuran sistem perpipaan, yaitu pipa dengan ukuran 20 inch dan 24 inch. Kedua pipa tersebut memiliki jenis material yang sama yaitu A106 grade B. Adapun pipa ukuran 20 inch terdapat pada gambar 1 dengan kode nomor 1, 3, dan 5. Sedangkan untuk ukuran 24 terdapat pada gambar 1 dengan kode nomor 2 dan 4. Tahap pertama yang dilakukan adalah mencocokkan Panjang pipe span yang telah ditentukan oleh desainer dengan allowable yang didapat dari perhitungan manual. Perhitungan manual berdasarkan Maksimum stress dan Maksimum Defleksi [6]. Perhitungan pipe span berdasarkan Maksimum Stress tertera pada Eq (3.1), sedangkan pipe span berdasarkan Maksimum defleksi tertera pada Eq (3.2)

$$L = \sqrt{\frac{10 Z Sh}{W}} \quad (3.1)$$

L = allowable pipe span (in)
 Z = section modulus (in³)
 Sh = allowable tensile stress pada temperatur tinggi (psi)
 W = berat total pipa (lb/in)

$$L = \sqrt[4]{\frac{128 E I \Delta}{W}} \quad (3.2)$$

L = allowable pipe span (in)
 Z = Moment Inertia (in⁴)
 E = Modulus Elasticity (psi)
 W = berat total pipa (lb/in)
 Δ = Maximum Deflection (in)

Pada Tabel 1, diperoleh hasil perhitungan manual panjangnya Pipe span berdasarkan maksimum stress.

Tabel 1. Allowable Pipe Span Maksimum Stress pipa 20 Inch

Z	Modulus Section (in ³)	111,4
Sh	Allowable Stress in Hot Temperature (psi)	20000
W	Total Weight (lb/in)	17,24
L	Pipe Span (in)	1136,813
L	Pipe Span (m)	28,87505

Sedangkan pada Tabel 2, diperoleh hasil perhitungan manual panjangnya pipe span berdasarkan maksimum Deflection.

Tabel 2. Allowable Pipe Span Maksimum Deflection pipa 20 Inch

I	Moment Inertia (in ⁴)	1113,457
E	Modulus Elasticity (psi)	27700000
Δ	Deflection (in)	0,492
w	Total Weight (lb/in)	17,24
L	Pipe Span (in)	579,359
L	Pipe Span (m)	14,71572

Dari kedua hasil perhitungan Allowable Span dengan menggunakan dua persamaan maksimum stress dan maksimum defleksi, maka untuk pipa 20" penentuan desainer dalam menentukan jarak support sudah masuk dalam jarak allowablenya, dalam hal ini Pemasangan Pipe Support untuk pipa 20 Inch menggunakan jarak antar support sejauh 12 Meter. Sedangkan untuk pipa 24 inch akan melakukan hal yang sama memperhitungkan besarnya allowable pipe span dengan maksimum stress dan maksimum defleksi. Perhitungan

allowable span dengan maksimum stress pada pipa 24 inch terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Allowable Pipe Span Maksimum Stress pipa 24 inch

Z	Modulus Section (in ³)	167,32
Sh	Allowable Stress in Hot Temperature (psi)	20000
W	Total Weight (lb/in)	23,02
L	Pipe Span (in)	1205,692
L	Pipe Span (m)	30,62457

Sedangkan pada Tabel 4, diperoleh hasil perhitungan manual panjangnya pipe span berdasarkan maksimum Deflection

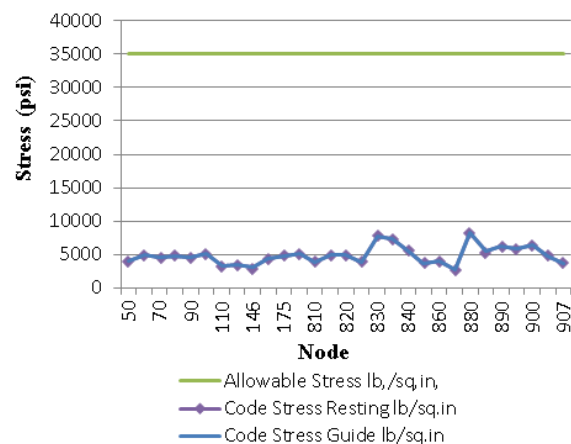
Tabel 4. Allowable Pipe Span Maksimum Deflection pipa 24 inch

I	Moment Inertia (in ⁴)	1946,171
E	Modulus Elasticity (psi)	27700000
Δ	Deflection (in)	0,492
w	Total Weight (lb/in)	23,02
L	Pipe Span (in)	619,7016
L	Pipe Span (m)	15,74042

Dari kedua hasil perhitungan Allowable Span dengan menggunakan dua persamaan maksimum stress dan maksimum defleksi, maka untuk pipa 20" penentuan desainer dalam menentukan jarak support sudah masuk dalam jarak allowablenya, dalam hal ini Pemasangan Pipe Support untuk pipa 20 Inch menggunakan jarak antar support sejauh 14,5 Meter.

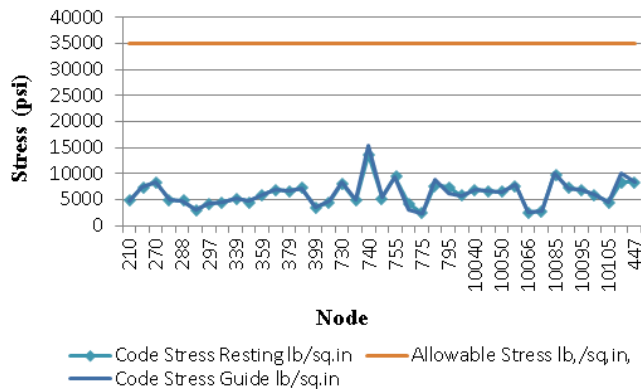
B. Hasil CAESAR II

Setelah perhitungan allowable pipe psan maka tahap selanjutnya adalah analisis tegangan menggunakan Caesar II, dengan kondisi Tegangan Hydrotest, Tegangan Sustained, dan Tegangan Thermal. Pada gambar Gambar 2, diperoleh hasil Caesar II dengan kondisi Hydrotest pada pipa 20 inch



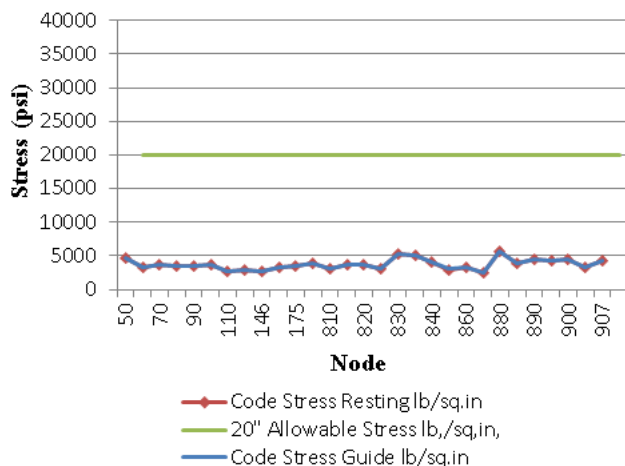
Gambar 2. Hasil Tegangan Hydrotest pada pipa 20 inch

Pada pipa 20 Inch dengan material A106B terlihat dalam Gambar 2 bahwa pipa yang tidak memiliki support menghasilkan stress yang sangat besar melebihi batasan Allowable Stress pada jenis material pipa A106B yaitu sebesar 35.000 psi. Namun, jika pipa 20 Inch tersebut diberi dengan support Resting maupun guide pada jarak allowable span yang sudah ditentukan sebelumnya, maka besaran stress yang terjadi berada dibawah allowable Stress yang diijinkan.



Gambar 3. Hasil Tegangan Hydrottest pada pipa 24 inch

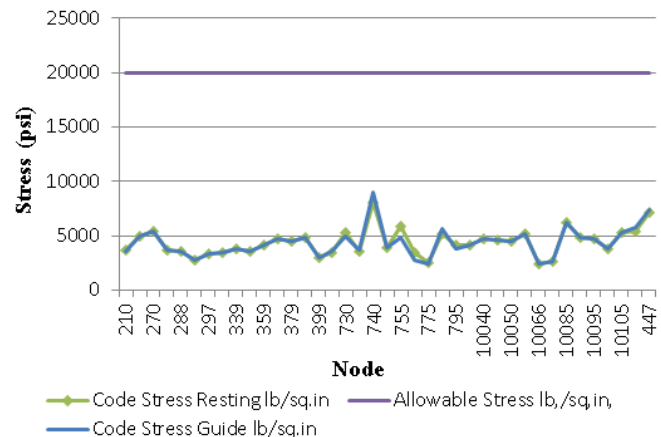
Pada pipa 24 Inch dengan material A106B terlihat dalam Gambar 3 bahwa pipa yang tidak memiliki support menghasilkan stress yang sangat besar melebihi batasan Allowable Stress pada jenis material pipa A106B yaitu sebesar 35.000 psi. Namun, jika pipa 24 Inch tersebut diberi dengan support Resting maupun guide pada jarak allowable span yang sudah ditentukan sebelumnya, maka besaran stress yang terjadi berada dibawah allowable Stress yang diijinkan.



Gambar 4. Hasil Tegangan Sustained pada pipa 20 inch

Pada pipa 20 Inch dengan material A106B terlihat dalam gambar 4 bahwa pipa yang tidak memiliki support menghasilkan stress yang sangat besar melebihi batasan Allowable Stress pada jenis material pipa A106B pada kondisi *Hot Condition* (Temperatur Operasi) yaitu sebesar 20.000 psi. Namun, jika pipa 20 Inch tersebut diberi dengan support Resting maupun guide pada jarak allowable span yang sudah

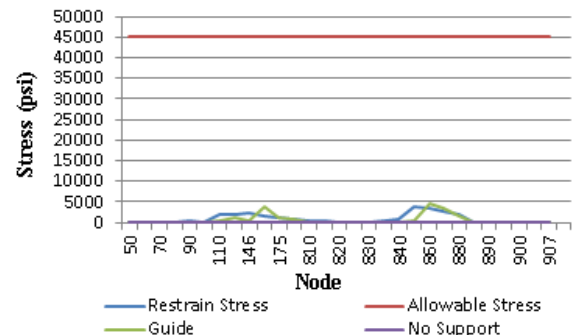
ditentukan sebelumnya, maka besaran stress yang terjadi berada dibawah allowable Stress yang diijinkan.



Gambar 5. Hasil Tegangan Sustained pada pipa 24 Inch

Pada pipa 24 Inch dengan material A106B terlihat dalam gambar 5 bahwa pipa yang tidak memiliki support menghasilkan stress yang sangat besar melebihi batasan Allowable Stress pada jenis material pipa A106B pada kondisi *Hot Condition* (Temperatur Operasi) yaitu sebesar 20.000 psi. Namun, jika pipa 24 Inch tersebut diberi dengan support Resting maupun guide pada jarak allowable span yang sudah ditentukan sebelumnya, maka besaran stress yang terjadi berada dibawah allowable Stress yang diijinkan.

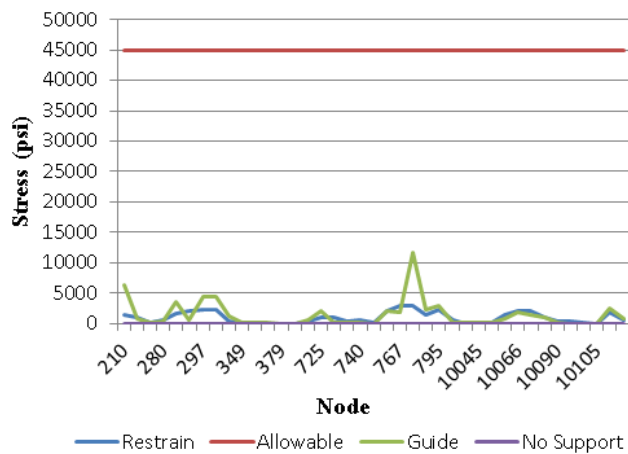
Pada pipa 20 Inch dengan Kondisi Operasi Temperatur Desain 220°F diperoleh hasil perhitungan CAESAR II yang terdapat pada Gambar 6. seperti dibawah ini :



Gambar 6. Hasil Tegangan Thermal pada pipa 20 Inch

Pada Kondisi Thermal Stress Load pipa 20 Inch dengan material A106B terlihat dalam tabel bahwa pipa yang tidak memiliki support tidak menghasilkan stress, sedangkan keika diberi support Resting akan menghasilkan stress namun tidak melebihi batasan Allowable Stress pada jenis material pipa A106B. begitupula, jika pipa 20 Inch tersebut diberi dengan support Guide pada jarak allowable span yang sudah ditentukan sebelumnya, maka besaran stress yang terjadi berada dibawah allowable Stress yang diijinkan.

Pada pipa 24 Inch dengan Kondisi Operasi Temperatur Desain 220°F diperoleh hasil perhitungan CAESAR II yang terdapat pada Gambar 7. seperti dibawah ini :



Gambar 7. Hasil Tegangan Thermal pada pipa 24Inch

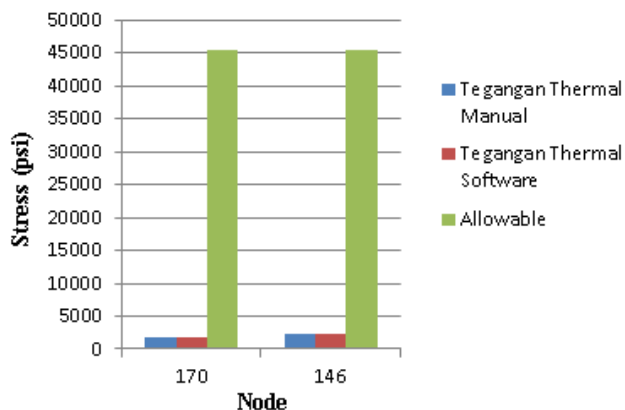
Pada Stress Kondisi Thermal Load pipa 24 Inch dengan material A106B terlihat dalam tabel bahwa pipa yang tidak memiliki support tidak menghasilkan stress, sedangkan ketika diberi support Resting akan menghasilkan stress namun tidak melebihi batasan Allowable Stress pada jenis material pipa A106B. begitupula, jika pipa 24 Inch tersebut diberi dengan support Guide pada jarak allowable span yang sudah ditentukan sebelumnya, maka besaran stress yang terjadi berada dibawah allowable Stress yang diijinkan.

C. Hasil Perhitungan CAESAR II dengan Perhitungan Manual

Perhitungan Manual menggunakan referensi buku ITT Grinnell [7]. Hasilantara perhitungan CAESAR II dan Manual untuk Stress Tegangan Termal terdapat pada tabel 5 dan grafik gambar 8 sebagai berikut :

Tabel 5. Perbandingan Perhitungan Teg. Termal Manual dan Software

Node	Titik	Teg. Thermal Manual	Teg. Thermal Software	Defiasi	Allowable
170	Sb A	1843,721	1752,6	-91,121	45000
146	Sb F	2415,776	2377,5	-38,276	45000



Gambar 8. Hasil perbandingan perhitungan manual Stress Thermal Load dengan Software

Tabel 6. Hasil Stress Sustained Load

Node	Teg. Sustained Manual	Teg. Sustained Software	Defiasi	Allowable
170	2572,5	3338,1	765,6	20000

D. Hasil Nozzle Cek

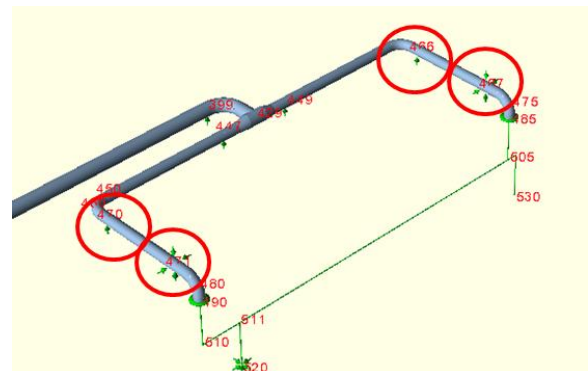
Untuk analisis *nozzle check* hasil CAESAR II pada pipa yang mengenai *Nozzle Vessel* Besaran Tegangan yang terjadi harus tidak boleh melebihi dari batasan yang telah ditentukan oleh Vendor [8]. Hasilnya pada kondisi Thermal load besarnya moment arah longitudinal/moment hoop melebihi batasan allowable yang diijinkan untuk jenis support resting maupun jenis support guide, maka diberikan support untuk mengurangi besarnya moment, yaitu ditambah support pada 4 support pada pipa yang mendekati nozzle vessel dengan rincian 2 support Resting dan 2 Support Guide-Resting. Adapun besar gaya dan moment terdapat pada Tabel 7 dan 8 dibawah :

Tabel 7. Besar Gaya pada Nozzle Vessel

Node	Kondisi	Jenis Support	Fx (lb)	Fh (lb)	Fa (lb)
499	Operating	Fixed	523,37	-626,33	-2078,92
		Allowable	5952,48	4464,36	5952,48
496	Operating	Fixed	-1618,31	942,39	-5128,87
		Allowable	5952,48	4464,36	5952,48

Tabel 8. Besar Moment pada Nozzle Vessel

Node	Kondisi	ML (lb.in)	Mh (lb.in)	Ma (lb.in)
499	Operating	-7511,85	13057,92	423,81
		22795,34	22795,34	26302,32
496	Operating	-16812,3	17423,96	2289,14
		22795,34	22795,34	26302,32



Gambar 9. Penambahan Support pada Nozzle

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Pada hasil *Stress Hydrotest Load*, *Sustained load*, maupun *Thermal Load* di CAESAR II masing masing segmen node tidak ada yang melebihi batasan allowable stress yang diijinkan.

Untuk hasil nozzle check pada kondisi Thermal load besarnya moment arah longitudinal, moment hoop melebihi batasan allowable yang diijinkan untuk jenis support resting maupun jenis support guide, maka diberikan support untuk mengurangi besarnya moment , yaitu ditambah support pada 4 support pada pipa yang mendekati nozzle vessel dengan rincian 2 support Resting dan 2 Support Guide-Resting.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nugraha, Budi. (2012). *Piping and Pipeline Components*. Jakarta. Budi Nugraha Copyright
- [2] Agustinus, Donny. (2009). *Pengantar Piping Stress Analysis*. Jakarta: Entry Augustino Publisier.
- [3] Chamsudi, Ahmad. (2005). *Diktat – Piping Stress Analysis*. Jakarta : Chamsudi Copyright
- [4] Smith, R. Paul and Van Laan, Thomas. (1987). *Piping and Pipe Support System Piping Handbook*. McGraw Hill Companies Inc., U.S.A.
- [5] _____. ASME. (2012) . B31.3 *Process Piping*. New York : American Society of Mechanical Engineers.
- [6] Kannappan, Sam. (1986). *Introduction to Pipe Stress Analysis*. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A.
- [7] Grinel, ITT. (1981). *Piping Design and Engineering*. ITT Grinnell Industrial Piping Corporation, U.S.A.
- [8] Tripatra. (2013). *SNO-P-INF-050, Rev B - Job Notes for Pipe Stress Analysis*. Jakarta. Tripatara Document.